



Изобретение относится к оптическому приборостроению и может быть использовано в различных устройствах когерентно-оптической обработки для преобразования пучка одномодового лазера в однородную плоскую волну с высокой эффективностью преобразования световой энергии.

Цель изобретения - уменьшение габаритов системы.

На чертеже представлена оптическая схема устройства.

Оптическая система для преобразования пучка лазера 1 включает расширитель-коллиматор, выполненный в виде телескопической системы из последовательно установленных по ходу пучка микрообъектива 2, диафрагмы 3 и коллимирующей линзы 4, а также две фазовые корректирующие пластинки 5 и 6, установленные между диафрагмой 3 и линзой 4. При этом вторая фазовая пластинка 6 расположена вплотную к линзе 4, фазовая функция  $\varphi_1(r)$  первой пластинки 5 и 6 полярной системе координат определяется выражением

$$\varphi_1(r) = \varphi_1 - \frac{r^2}{2} \left( \frac{1}{S} + \frac{1}{L} \right) + \frac{\rho_0 r_0}{L \sqrt{(1+K) \ln(1/K)}} + \frac{r}{r_0} \ln(1/K) \times \int_0^{\sqrt{1-K}} \sqrt{1 - \exp(-t^2)} dt$$

где  $r$  - расстояние от произвольной точки фазовой пластинки 5 до оптической оси;

$\varphi_1$  - константа, определяющая фазу в центре пластинки 5 (может быть положена равной 0);

$S$  - расстояние от диафрагмы 3 до пластинки 5;

$L$  - расстояние между пластинками 5 и 6;

$2\rho_0$  - заданный диаметр создаваемого однородного пучка;

$2r_0$  - диаметр рабочей области первой фазовой пластинки 5;

$K$  - коэффициент диафрагмирования лазерного гауссового пучка;

а фазовая функция  $\varphi_2(\rho)$  второй фазовой пластинки 6 в полярной системе координат определяется выражением

$$\varphi_2(\rho) = \varphi_2 - \frac{\rho^2}{2} \frac{S}{L(S+L)} + \frac{\rho_0 r_0}{L \sqrt{(1-K) \ln(1/K)}} \times \frac{\rho}{r_0} \sqrt{1-K} \times \int_0^{\sqrt{\ln(1-t^3)^{-1}}} dt,$$

где  $\rho$  - расстояние от произвольной точки фазовой пластинки 6 до оптической оси;

$\varphi_2$  - константа, определяющая фазу в центре пластинки 6

(может быть положена равной 0).

Фазовые корректирующие пластинки 5 и 6 могут быть выполнены в виде плоских оптических элементов, синтезируемых при помощи ЭВМ. При этом фазовая функция рассчитывается на ЭВМ по формулам (1) и (2) и приводит к интервалу  $(0, 2\pi)$ , в результате чего корректирующая пластинка разбивается на зоны. Затем пластинка изготавливается из прозрачного материала с показателем преломления  $n$ , причем высота фазового рельефа  $h(r)$  в каждой зоне меняется от 0 до

$\frac{\lambda}{n-1}$ , где  $\lambda$  - длина волны излучения лазера 1, и описывается формулой

$$h(r) = \frac{\lambda}{n-1} \frac{1}{2\pi} \bmod_{2\pi m} \left[ \frac{2\pi}{\lambda} \varphi(r) \right],$$

где  $\bmod_{2\pi m}(t) = t - j2\pi m$  при

$$j2\pi m \leq t \leq (j+1)2\pi m.$$

При расчете системы расстояния от лазера 1 до микрообъектива 2 ( $d_0$ ), а также фокусное расстояние микрообъектива ( $f$ ) и коэффициент диафрагмирования гауссова пучка ( $K$ ) выбирают исходя из необходимых габаритных размеров, а также характеристик точности изготовления фазовых корректирующих пластинок 5 и 6. Минимальный коэффициент диафрагмирования определяется диафрагмированием гауссова пучка выходным зеркалом лазера 1. Световая энергия лазера при этом используется полностью. Остальные параметры системы рассчитывают исходя из данных лазера: расходимости пучка  $\beta$  на уровне  $q$  интенсивности

и диаметра пучка на выходном зеркале  $D_3$  на уровне  $q$  по интенсивности. Для этого определяют величины:

$$D_0 = D_3 \sqrt{\frac{\ln(1/K)}{\ln(1/q)}}; Q_0 = \frac{\beta}{2} \sqrt{\frac{\ln(1/K)}{\ln(1/q)}};$$

$$L_0 = \frac{\lambda \ln K}{\pi Q_0^2}; Z_0 = d_0 +$$

$$+ \frac{1}{2Q_0} \sqrt{D_0^2 - L_0^2 Q_0^2};$$

$$Q_1 = \frac{Q_0}{F} \sqrt{Z_0^2 + (L_0/2)^2}.$$

Далее находят фокусное расстояние коллимирующей линзы 4

$$F = \frac{\rho_0}{Q} \sqrt{\frac{\ln(1/K)}{1-K}}$$

затем

$$r_0 = S \cdot Q_1 \text{ и } L = F - S.$$

Устройство работает следующим образом.

Пучок с гауссовским распределением интенсивности от лазера 1 падает на микрообъектив 2, который преобразует пучок, увеличивая его расходимость. Диффрагма 3, расположенная в фокусе микрообъектива 2, служит для фильтрации флуктуации в распределении интенсивности после микрообъектива 2. Расходящийся сферический волновой фронт с гауссовским распределением интенсивности падает на первую фазовую корректирующую пластинку 5. Функция ее фазового пропускания рассчитывается по формуле (1) таким образом что в плоскости непосредственно перед второй корректирующей фазовой пластинкой 6 распределение интенсивности в круге радиусом  $\rho_0$  близко к равномерному, а вне его интенсивность близка к нулю. Это достигается тем, что фазовая пластинка в центральной части гауссова пучка, где интенсивность больше, отклоняет лучи на большие углы, чем в периферийной части пучка, в результате чего достигается выравнивание интенсивности. Фаза света непосредственно перед второй фазовой пластинкой 6 отличается от фазы сферической волны на величину (2) со знаком минус. Вторая фазовая пластинка 6, компенсируя фазовые набеги, дает сферическую волну. Коллимирующая линза 4 преобразует получен-

ную сферическую волну с равномерным распределением интенсивности в однородную плоскую волну.

## 5 Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

1. Оптическая система для расширения, коллимации и выравнивания интенсивности лазерного гауссова пучка, включающая расширитель-коллиматор и две фазовые корректирующие пластинки, отличающаяся тем, что, с целью уменьшения габаритов, расширитель-коллиматор выполнен в виде телескопической системы из последовательно установленных по ходу пучка микрообъектива, диафрагмы и коллимирующей линзы, а фазовые пластинки установлены между диафрагмой и коллимирующей линзой, причем фазовая функция  $\varphi_1(r)$  первой пластинки определяется выражением

$$\varphi_1(r) = \varphi_1 - \frac{r^2}{2} \left( \frac{1}{S} + \frac{1}{L} \right) +$$

$$+ \frac{\rho_0 r_0}{L \sqrt{(1-K) \ln(1/K)}} \times$$

$$\frac{r}{\rho_0} \ln(1/K) \times \int_0^r \sqrt{1 - \exp(-t^2)} dt,$$

- 30 где  $r$  - расстояние от произвольной точки первой фазовой пластинки до оптической оси;

$\varphi_1$  - константа;

$S$  - расстояние от диафрагмы до первой фазовой пластинки;

$L$  - расстояние от первой фазовой пластинки до второй фазовой пластинки;

- 40  $2\rho_0$  - заданный диаметр создаваемого однородного пучка;

$2r_0$  - диаметр рабочей области первой фазовой пластинки;

- 45  $K$  - коэффициент диафрагмирования лазерного гауссова пучка,

а фазовая функция  $\varphi_2(\rho)$  второй фазовой пластинки, расположенной вплотную к коллимирующей линзе, определяется выражением

$$\varphi_2(\rho) = \varphi_2 - \frac{\rho^2}{2} \frac{S}{L(S+L)} +$$

$$+ \frac{\rho_0 r_0}{L \sqrt{(1-K) \ln(1/K)}} \times$$

$$\frac{\rho}{\rho_0} \sqrt{1-K} \times \int_0^\rho \sqrt{\ln(1-t^2)} dt$$

где  $\rho$  - расстояние от произвольной точки второй фазовой пластинки до оптической оси;  
 $\varphi_2$  - константа.

2. Оптическая система по п.1, отличающаяся тем, что фазовые пластинки выполнены в виде плоских оптических элементов.

Редактор Л. Веселовская      Составитель В. Кравченко  
Техред Л. Олийник      Корректор С. Черни

Заказ 977      Тираж 458      Подписное

ВНИИПИ Государственного комитета по изобретениям и открытиям при ГКНТ СССР  
113035, Москва, Ж-35, Раушская наб., д. 4/5

Производственно-издательский комбинат "Патент", г. Ужгород, ул. Гагарина, 101